

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-025286

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

(51)Int.Cl.

G06T 15/00

G06T 17/00

(21)Application number : 09-179433

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 04.07.1997

(72)Inventor : NEGISHI HIROYASU

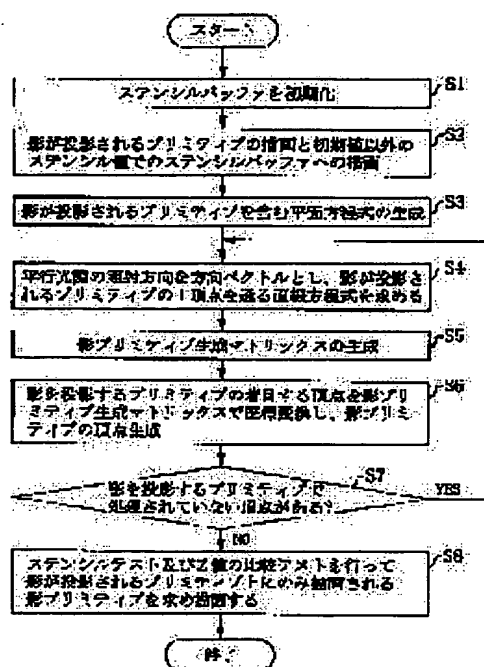
KAMEYAMA MASATOSHI

(54) SHADOWING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a shadowing method for realizing high speed shadowing.

SOLUTION: A memory stores multi-dimensional position information and information indicating an object to be plotted on a pixel display screen for plotting a shadowed element on a display screen, and a virtual optical line passing through the preliminarily determined point of a shadowing element and a face including the shadowed element are obtained. Next, a point obtained by projecting a point, preliminarily determined by the virtual optical beam and the above face, on a face including the shadowed element is defined, and the multi-dimensional position information and the information indicating a shadow to be projected on the pixel display screen determined by each point projected on the face in an area corresponding to the shadowing element are obtained. Further, a shadow is plotted on the display screen by using the pixel whose information indicating the projected shadow is selected from among pixels with information indicating the objects to be plotted is stored in the memory as an object to be shadowed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-25286

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 6 T 15/00
17/00

G 0 6 F 15/72
15/62

4 5 0 A
3 5 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平9-179433

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月4日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 根岸 博康

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 亀山 正俊

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

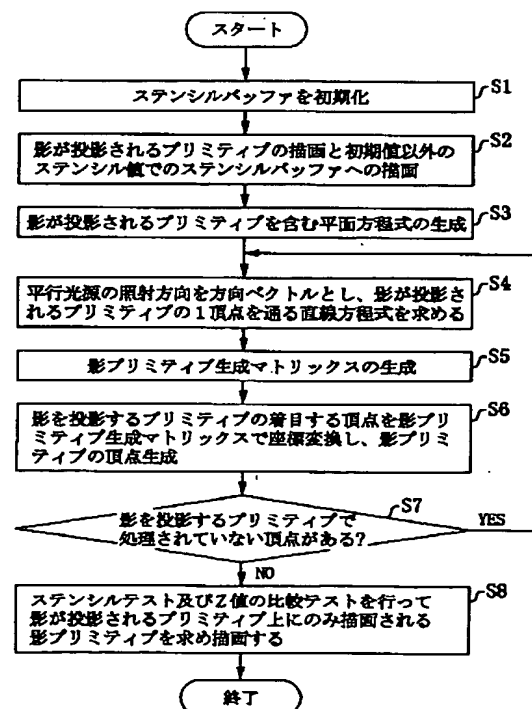
(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 付影処理方法

(57) 【要約】

【課題】 高速な付影処理を実現することのできる付影処理方法を得る。

【解決手段】 被付影要素を表示画面上に描画するピクセルについての表示画面上での多次元位置情報及び描画対象である旨の情報をメモリに記憶する第1の工程と、付影要素の予め定められた点を通る仮想光線及び被付影要素を含む面を求める第2の工程と、仮想光線及び面に基づいて予め定められた点が被付影要素を含む面上に投影された点を求める第3の工程と、面上に投影された各点で定められ付影要素に対応した領域に相当するピクセルについての表示画面上での多次元位置情報及び投影される影である旨の情報を定める第4の工程と、描画対象である旨の情報がメモリに記憶されたピクセルのうち、投影された影である旨の情報が定められたピクセルについて、そのピクセルを付影対象として表示画面上に影を描画する第5の工程とを備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 情報処理装置を用い仮想照射光線を付影要素に照射した場合に被付影要素上に投影される該付影要素の影を表示画面上に描画する付影処理方法において、

前記被付影要素を前記表示画面上に描画するピクセルについての前記表示画面上での多次元位置情報及び描画対象である旨の情報をメモリに記憶する第1の工程と、前記付影要素の予め定められた点を通る仮想照射光線及び前記被付影要素を含む面を求める第2の工程と、前記仮想照射光線及び面に基づいて前記予め定められた点の前記被付影要素を含む面上に投影された点を求める第3の工程と、

前記面上に投影された各点で定められ前記付影要素に対応した領域に相当するピクセルについての前記表示画面上での多次元位置情報及び投影される影である旨の情報を定める第4の工程と、

描画対象である旨の情報が前記第1の工程で前記メモリに記憶されたピクセルのうち、投影された影である旨の情報が前記第4の工程で定められたピクセルについて、そのピクセルを付影対象として前記表示画面上に影を描画する第5の工程とを備えた付影処理方法。

【請求項2】 被付影要素は、複数とし、第1から第5の工程は、被付影要素毎に行うことを特徴とする請求項1に記載の付影処理方法。

【請求項3】 第1の工程は、複数の被付影要素について記憶し、第2から第5の工程は、被付影要素毎に行うことを特徴とする請求項1に記載の付影処理方法。

【請求項4】 付影要素は、イメージデータからなることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の付影処理方法。

【請求項5】 第5の工程は、付影対象とされたピクセルについて、投影された影での表示画面上の奥行き座標の大きさを、メモリに記憶された前記表示画面上の奥行き座標の大きさより小さくすることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の付影処理方法。

【請求項6】 第5の工程は、描画される影の色を、被付影要素を描画するピクセルの色に基づいて決定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の付影処理方法。

【請求項7】 第5の工程は、描画される影の色を、描画される仮想照射光線の色に基づいて決定することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の付影処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明はいわゆる多次元（例えば、3次元）コンピュータグラフィックスの技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 図16～19は特開平6-76074号公報に掲載された従来の画像表示装置及び方法の説明図である。図16には建物B1とB2が地面E上に建っている状態が示され、光源Pからの光により建物B1の図中左側面（面1）が影を発生する。この場合、発生する影としては地面E（面2）上に投影される影2と、建物B2の図中右側面の面3に投影される影3がある。

【0003】 図示しない演算装置は、図示しないグラフィックメモリに予め記憶され図16に示す画像を表示するための画像データから、光源P、建物B1、B2、地面Eの各座標を読み取り、図示しないCPUメモリに記憶させる。そして、必要に応じてこれら座標に基づいて影2及び影3の座標を演算により求める。

【0004】 即ち、影2の座標は、光源Pと面1の頂点を結んで得られる直線が、地面E（面2）と交わる点に基づいて求められる。しかし、影2は面2を越える範囲にも形成される。

【0005】 そこで、図17に示すように、演算装置は、面2と同一平面上の地面Eに形成される影2（図17中、a、b、e、fで囲まれる範囲）のうち、面2を越える範囲（図17中、a、b、c、dで囲まれる範囲）をクリップ処理により削除する。

【0006】 その結果、演算装置は図17中、c、e、f、dで囲まれる範囲のみを抽出して表示される影のデータとしてグラフィックメモリに書き込む。

【0007】 一方、面1の影は、面3では図18に示すように投影される。即ち、光源Pと面1の各頂点を結ぶ直線が、面3を含んで面3を拡大した平面と交わる点から影3の座標が求められる。

【0008】 即ち、影3は、図18中、o、p、q、rで示す範囲の影となる。そこで、演算装置は影3のうち、図18中、j、k、m、nで囲まれる範囲のみをクリップ処理により抽出する。クリップ処理については後述する。

【0009】 このようにして、図示しない表示装置には、面2については、c、e、f、dで囲まれる範囲の影が、また面3については、j、k、m、nで囲まれる範囲の影がそれぞれ表示される。

【0010】 演算装置が行う以上の画像処理の動作を図19に示すフローチャートに基づいて説明する。

【0011】 最初に演算装置は光源Pの座標と、光源Pからの光により影を発生する面1の頂点座標を求める（ステップS1）。次に、演算装置は面1の影が投影される面2（この場合、地面E）の頂点座標を求める（ステップS2）。

【0012】 次に、演算装置はステップS1とステップS2で得た光源P、面1の座標より、ステップS2で得た面2の上に投影される影2の座標を生成する（ステップS3）。

【0013】 さらに、演算装置はステップS3で生成さ

れた影ポリゴンを面2上でクリップする(ステップS4)。即ち、地面Eのうち、面2を越える範囲に投影されている影ポリゴンを削除する。そして、演算装置はステップS4でクリップした影ポリゴンを表示装置5の面2上に表示する(ステップS5)。

【0014】次に、演算装置は面1の影が投影される他の面2(図16中、面3)があるか否かを判定する(ステップS6)。面1の影が投影される面が他にもある場合は(ステップS6で「ある」)、ステップS2に戻り、演算装置はそれ以降の処理を繰り返し行う。影を発生する面が他に存在しないと判定された場合は(ステップS7で「ない」)、処理を終了する。

【0015】なお、従来の付勢処理としては、いわゆるクリップ処理が行われている。ここで、クリップ処理とは、一言でいうとある座標中にウィンドウを指定し、そのウィンドウ内を可視部分とする場合に、点、線分、多角形、各種の線、文字等の図形の各要素を可視部分と不可視部分とに分割し、後者を除去する方法をいう。

【0016】次に、図17を参照してクリップ処理を具体的に説明する。例えば、面2(ABCD)に影ポリゴン2(a b e f)が投影された場合に、影ポリゴン2が面2と交わる部分を計算して求める。即ち、面2の線分ABと影ポリゴン2が交わるか調べ、面2の線分BDと影ポリゴン2が交わるか調べ、面2の線分DCと影ポリゴン2が交わるか調べ、面2の線分CAと影ポリゴン2が交わるか調べる。

【0017】もし、交わっている場合には面2内に含まれる影ポリゴン2を計算する。図17の場合は、影ポリゴン2は面2の線分CAと交わっているため、影ポリゴン2の線分b eと線分CAとの交点c、影ポリゴン2の線分f aと線分CAとの交点dを計算し、影ポリゴン(d c e f)が抽出される。

【0018】そして、面2上には影ポリゴン(d c e f)が影として描画される。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の画像表示方法では、投影面に投影された物体の影となる影から描画のための所望の範囲の影を抽出する(付勢処理をする)には、上述のように計算量の多い処理が必要であり、このため処理速度の高速化が図れないという問題があった。

【0020】この発明に係る問題点を解消するためになされたもので、高速な付影処理を実現することのできる付影処理方法を得ることを目的としている。

【0021】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる付影処理方法は、被付影要素を表示画面上に描画するピクセルについての表示画面上での多次元位置情報及び描画対象である旨の情報をメモリに記憶する第1の工程と、付影要素の予め定められた点を通る仮想照射光線及び被付影

要素を含む面を求める第2の工程と、仮想照射光線及び面に基づいて予め定められた点が被付影要素を含む面上に投影された点を求める第3の工程と、面上に投影された各点で定められ付影要素に対応した領域に相当するピクセルについての表示画面上での多次元位置情報及び投影される影である旨の情報を定める第4の工程と、描画対象である旨の情報が第1の工程でメモリに記憶されたピクセルのうち、投影された影である旨の情報が第4の工程で定められたピクセルについて、そのピクセルを付影対象として表示画面上に影を描画する第5の工程とを備えたものである。

【0022】また、被付影要素は、複数とし、第1から第5の工程は、被付影要素毎に行うものである。

【0023】また、第1の工程は、複数の被付影要素について記憶し、第2から第5の工程は、被付影要素毎に行うものである。

【0024】また、付影要素は、イメージデータからなるものである。

【0025】また、第5の工程は、付影対象とされたピクセルについて、投影された影での表示画面上の奥行き座標の大きさを、メモリに記憶された表示画面上の奥行き座標の大きさより小さくするものである。

【0026】また、第5の工程は、描画される影の色を、被付影要素を描画するピクセルの色に基づいて決定するものである。

【0027】また、第5の工程は、描画される影の色を、描画される仮想照射光線の色に基づいて決定するものである。

【0028】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. 実施の形態1にかかわらず、この発明では画面上の各ピクセル(即ち、画面上の1ドット)に対して、そのピクセルが影が投影される面を表わす領域を描画するピクセルであるか否かをステンシル値を用いて示し、さらにそれらピクセル毎のステンシル値を記憶するいわゆるステンシルバッファを用意する。

【0029】ここで、ステンシル値とは、ピクセル毎に画面上の位置を示す2次元表現(デバイス座標系)の座標データとしてX、Yデータが、また画面上でいわゆる立体的な奥行きを表現するためのデバイス座標系でのZデータが、さらに色データとしてR、G、Bデータがそれぞれ与えられているように、影が投影される面を表わす領域を描画するピクセルであるか否かを示すピクセル毎に定めた例えば8ビット程度の値である。

【0030】そして、それら各ピクセルについて、前述した座標位置データ(X、Yデータ)及びR、G、Bデータがフレームバッファに、また前述したZデータがZバッファにそれぞれ記憶されるように、ステンシル値は図1に模式的に示すステンシルバッファに記憶されるようになっている。

【0031】後述するように、ステンシル値はいわゆるマスク処理に用いられ、これから描画しようとするピクセルのステンシル値と既にステンシルバッファに書き込まれているそのピクセルのステンシル値とを比較するステンシルテストを行い、さらにこれから描画しようとするピクセルのデバイス座標系でのZデータと既にZバッファに書き込まれているそのピクセルのデバイス座標系でのZデータとを比較し、両比較の結果、いわゆるマスク条件を満たした場合にのみ、これから描画しようとするピクセルによってその領域は描画される（マスクされる）。

【0032】次に、実施の形態1に係る付影処理方法を図2及び図3に従って説明する。図2は、付影要素としての影を投影するプリミティブ（プリミティブとは、線、点、多角形等の図形構成要素の総称をいう）10に平行光源から平行光線が照射された結果、被付影要素としての影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に影プリミティブが生成されている様子を示している。

【0033】実施の形態1に係る付影処理方法はこのような付影処理を高速に行う。その手順を図3に従って説明すると、始めに、各ピクセルに対するステンシル値を初期値（例えば0）にしてステンシルバッファを初期化する（ステップS1）。

【0034】次に、影が投影されるプリミティブ20を表わす領域を描画する各ピクセルについて、画面上での2次元平面（デバイス座標系での）の座標位置データ（X、Yデータ）及びR、G、Bデータをフレームバッファに保持させる（即ち、フレームバッファに影が投影されるプリミティブ20を描画する）と共に、それらピクセルのステンシル値を初期値以外の値（例えば1）に

$$A(x - x_1) + B(y - y_1) + C(z - z_1) = 0 \quad \dots (1)$$

で表わされる。

【0039】さらに、影と投影するプリミティブ10の各頂点について以下に示すステップS4からステップS7に示す処理を順に行う。

【0040】始めに、平行光源の照射方向を方向ベクトルとして影と投影するプリミティブ10の頂点を通る照

$$(x - x_a) / a = (y - y_a) / b = (z - z_a) / c = t \quad \dots (2)$$

で表される。

【0042】次に、式（1）の平面方程式と式（2）の照射光の直線方程式とに基づいて、影と投影するプリミティブ10の着目する頂点（ x_a , y_a , z_a ）を、その照射光に基づいて影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影するための影プリミティブ生成マトリックスを求める（ステップS5）。

して（それらピクセルが影が投影されるプリミティブ20を表わす領域を描画するピクセルであることを示して）、ステンシルバッファに記憶する（ステンシル値＝（初期値0）の領域とステンシル値＝（初期値以外の値、例えば1）の領域とをステンシルバッファに描画する）（ステップS2）。

【0035】一方、表示画面上での奥行き座標としての各ピクセルのZデータ（デバイス座標系でのZ座標の値）についても、Zバッファにそれぞれ保持させる。

【0036】尚、以後の説明でも同様のことであるが、これらフレームバッファ及びZバッファへの各ピクセルのデータの記憶にあたっては、空間内の多次元座標系としての例えば3次元座標系（モデリング座標系）での座標値から画面上での2次元平面での座標位置データ（X、Yデータ）及びZデータ（共にデバイス座標系でのデータ）への変換がその都度公知の技術によりなされるものとする。以上の処理を行うことで後述する付影処理を行うための前準備が完了する。

【0037】次に、多次元座標系としての例えば3次元座標系（モデリング座標系）における影が投影されるプリミティブ20を含む平面の平面方程式をその平面の法線ベクトル（この法線ベクトルは影が投影されるプリミティブ20の各頂点座標に基づいて求めることができる）に基づいて求める（ステップS3）。

【0038】例えば影が投影されるプリミティブ20を含む平面の法線ベクトルを（A、B、C）、影が投影されるプリミティブ20の平面上のある1点の座標を多次元座標系としての例えば3次元座標系（モデリング座標系）において（ x_1 , y_1 , z_1 ）とすると、その平面方程式は、

射光の直線方程式を求める（ステップS4）。

【0041】例えば、平行光源からの照射光の照射方向の方向ベクトルを（a、b、c）、影と投影するプリミティブ10の着目する頂点を（ x_a , y_a , z_a ）とすると、点（ x_a , y_a , z_a ）を通る照射光の直線方程式は、

$$(x - x_a) / a = (y - y_a) / b = (z - z_a) / c = t \quad \dots (2)$$

【0043】点（ x_a , y_a , z_a ）が影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影された点（X、Y、Z）は、Z=0として式（1）と式（2）との連立方程式を解くことにより求められ、その影プリミティブ生成マトリックスは式（3）で表わされる。

【0044】

【数1】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -(\frac{aA}{Aa+Bb+Cc}-1) & -\frac{aB}{Aa+Bb+Cc} & -\frac{aC}{Aa+Bb+Cc} \\ -\frac{bA}{Aa+Bb+Cc} & -(\frac{bB}{Aa+Bb+Cc}-1) & -\frac{bC}{Aa+Bb+Cc} \\ -\frac{cA}{Aa+Bb+Cc} & -\frac{cB}{Aa+Bb+Cc} & -(\frac{cC}{Aa+Bb+Cc}-1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \text{----- (3)}$$

【0045】次に、影と投影するプリミティブ10の着目する頂点(x_a, y_a, z_a)を、式(3)を用いて影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影した点(影プリミティブの頂点)を求める(ステップS6)。

【0046】影と投影するプリミティブ10のある着目する頂点に上述した処理を行った結果、まだ他に、影と投影するプリミティブ10に他の未処理の頂点があれば(ステップS7でYES)、ステップS4に戻って再び上述した処理を繰り返す。

【0047】このように影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影された点は、3次元座標系(モデリング座標系)の表現形式で表わされているので、実際に画面上に表示するために各種バッファに記憶するにあたっては、この点の座標値を実際に2次元平面上(デバイス座標系)に出力表示される2次元平面のX、Yデータ及び画面内での立体的な奥行きを示すZデータにさらに変換する必要があるが、その処理は前述した通りである。

【0048】このようなステップS4からステップS7に示す処理を影と投影するプリミティブ10の各頂点に対して順に行うことで、影と投影するプリミティブ10の各頂点が影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影される点がそれぞれ求められる。

【0049】そして、これら影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影された頂点を順に結んだ線で囲まれた領域が、影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影される影プリミティブになる。

【0050】そして、この影プリミティブを描画するこれらピクセルについては前述したように、その旨を示すステンシル値をそれぞれ与えておく。

【0051】このようなステップS4からステップS7に示す処理を影と投影するプリミティブ10の全ての頂点に対して行うと(ステップS7でNO)、次に、このように影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影された各頂点を画面上において順に結んで形成される領域(影プリミティブ)を描画する各ピクセルに関するステンシル値及びデバイス座標系でのZデータを、前述したように影が投影されるプリミティブ20に対して与えられた影が投影される領域を描画するピクセルであることを示すステンシル値(初期値0とは異なる値、例えば1)を記憶したステンシルバッファのデータ(各ピクセルのデータ)及び予めZバッファに記憶されたその

ピクセルのデバイス座標系でのZデータにそれぞれ照合して、影が投影されるプリミティブ20上のみ描画される影プリミティブを求める(ステップS8)。

【0052】具体的には、影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影された各頂点を順に結んで形成される領域(影プリミティブ)内にあるピクセルのステンシル値を例えば1とし、これらピクセルと影が投影されるプリミティブ20における先にステンシルバッファに記憶されたピクセルとを、対応するピクセルのステンシル値同士の比較を行うステンシルテストを行い、さらにステンシル値が一致(ステンシルテストに合格)した対応するピクセル同士について、影プリミティブでのデバイス座標系でのZデータと影が投影されるプリミティブ20でのすでにZバッファ内に記憶されたデバイス座標系でのZデータとの比較を行い、Zデータが小さい方のプリミティブを描画の対象とする。

【0053】このようなステンシルテスト及びデバイス座標系でのZデータとの比較結果に基づいて、フレームバッファ内のそのピクセルを予め指定された影の色で描画することで付影を実現する。

【0054】これにより影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重ならない部分がマスクされ(影が描画されず)、影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分のみが影として描画される。

【0055】従って、上記実施の形態1によれば、ステンシル値の比較及びデバイス座標系でのZデータの比較に基づいて影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分にのみ影を描画する(ステンシルバッファを用いたマスク処理を行う)ことで、従来のようなクリップ処理が排除されて高速な付影処理が可能になる。

【0056】実施の形態2。実施の形態1では影を生成する光線は平行光源から影と投影するプリミティブ10に向けて平行に照射される光線であったが、光線は図4に示すように点光源から放射状に照射される光線としてもよい。

【0057】この場合、影と投影するプリミティブ10の頂点毎に照射光の照射方向、即ち照射光の直線方程式の方向ベクトルが異なるから、影と投影するプリミティブ10の頂点を影が投影されるプリミティブを含む平面上に投影するための影プリミティブ生成マトリックスも、その頂点毎に異なる。

【0058】従って、実施の形態1に示した先のステップS4では、点光源から影と投影するプリミティブ10の頂点を通る照射光の直線方程式を、頂点毎に異なる方向ベクトルに基づいて頂点毎に求める。

【0059】即ち、点光源から影と投影するプリミティブ10の着目する頂点へのベクトルをその着目する頂点の方向ベクトルとし、その方向ベクトルに基づいてその着目する頂点についての照射光の直線方程式を求める、という処理を影と投影するプリミティブ10の頂点毎に行う。

【0060】例えば、点光源の位置を (a, b, c) 、その着目する頂点の位置を (x_a, y_a, z_a) とすればそれら両点を通るその照射光の直線方程式は、

【0061】

$$\begin{aligned} & (x - x_a) / (x_a - a) \\ &= (y - y_a) / (y_a - b) \\ &= (z - z_a) / (z_a - c) = t \quad \dots (4) \end{aligned}$$

となる。

【0062】従って、実施の形態1に示した先のステップS5では式(1)の平面方程式及び影と投影するプリミティブ10の着目する頂点毎に上述のように求めた式(4)の照射光の直線方程式に基づいて、その着目する頂点 (x_a, y_a, z_a) を影が投影されるプリミティブ20を含む平面上の点に変換するため、以下の式(5)に示すような影プリミティブ生成マトリックスが求められる。

【0063】

【数2】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{(x_a-a)A}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)}-1 \\ -\frac{(y_a-b)A}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)} \\ -\frac{(z_a-c)A}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -\frac{(x_a-a)B}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)}-1 \\ -\frac{(y_a-b)B}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)} \\ -\frac{(z_a-c)B}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{(x_a-a)C}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)} \\ \frac{(y_a-b)C}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)} \\ \frac{(z_a-c)C}{A(x_a-a)+B(y_a-b)+C(z_a-c)}-1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

【0064】このように、影と投影するプリミティブ10の各頂点について上述した処理を行うことにより、光源が点光源である場合に影と投影するプリミティブ10の各頂点をそれぞれ影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影する各頂点毎の影プリミティブ生成マトリックスがそれぞれ求まる。

【0065】以後、実施の形態1と同様な処理を行うことにより(式(3)の代わりに式(5)を用いて)、光源が点光源である場合でも、結果として影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブが重ならない部分が

マスクされ（描画されず）、影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分のみを描画すべき影として得ることができる。

【0066】従って、上記実施の形態2によれば、ステンシル値の比較及びデバイス座標系でのZデータの比較に基づいて影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分にのみ影を描画する（ステンシルバッファを用いたマスク処理を行う）ことで、クリップ処理が排除されて高速な付影処理が可能になる。

【0067】実施の形態3. 実施の形態1、2では、影が投影されるプリミティブが1つである場合を説明したが、影が投影されるプリミティブは1つに限らず複数の場合もある。この場合、以下に説明するように影が投影されるプリミティブに影プリミティブを生成することができる。

【0068】尚、以下の説明では光源は平行光源の場合を例にとって説明しているが、点光源の場合であっても同様な手順で生成することができる。

【0069】例えば、図5に示すような場合では、影プリミティブは影が投影されるプリミティブ21～23に対して生成され、図6～図8の場合に分けてそれぞれ順に影プリミティブを生成すればよい。その手順は図9に示すものである。

【0070】始めに図6に示す影が投影されるプリミティブ21に対して前述した実施の形態1の場合と同様な手順で影プリミティブを生成する。そして、その後ステップS9においてまだ未処理の影が投影されるプリミティブが残されているか否かを調べる。

【0071】この場合、影が投影されるプリミティブ22、23がまだ未処理で残されているので、ステップ1に戻り、次に図7に示す影が投影されるプリミティブ202に対して前述した実施の形態1の場合と同様な手順で影プリミティブを生成する。

【0072】そして、その後再びステップS9においてまだ未処理の影が投影されるプリミティブが残されているか否かを調べる。

【0073】この場合、影が投影されるプリミティブ23がまだ未処理で残されているので、ステップ1に戻り、次に図8に示す影が投影されるプリミティブ23に対して前述した実施の形態1の場合と同様な手順で影プリミティブを生成する。

【0074】そして、その後再びステップS9においてまだ未処理の影が投影されるプリミティブが残されているか否かを調べる。まだ未処理の影が投影されるプリミティブはもう残されていないので影プリミティブを生成の処理は全て終了する。

【0075】従って、上記実施の形態3によれば、ステンシル値の比較及びデバイス座標系でのZデータの比較に基づいて影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分にのみ影を描画する（ステンシル

バッファを用いたマスク処理を行う）ことで、クリップ処理が排除されて高速な付影処理が可能になる。

【0076】実施の形態4. 上述した実施の形態3では、処理の対象とする影が投影されるプリミティブに対して影プリミティブを生成する度にステンシルバッファを初期化して、影が投影されるプリミティブ毎にステンシル値を新たに書き込んで更新している。

【0077】しかし、画面上では影が投影されるプリミティブはそれぞれ異なる位置にあって描画の際に重なることはないので、影が投影されるプリミティブ201～23に互いに異なるステンシル値をそれぞれ与えてそれらを1つのステンシルバッファに書き込んでステンシル値毎に（影が投影されるプリミティブ毎に）順に影プリミティブを生成するようにしてもよい。

【0078】そこで、実施の形態4では、以下に説明するような図10に示す手順で影プリミティブをそれぞれ生成する。

【0079】始めに、各ピクセルに対するステンシル値を初期値（例えば0）にしてステンシルバッファを初期化する（ステップS1）。

【0080】次に、影が投影されるプリミティブ201～23をそれぞれ構成するピクセルについて、影が投影されるプリミティブ毎に互いに異なる初期値以外のステンシル値をそれぞれ指定して前述した諸データと共にフレームバッファに記憶保持させる（フレームバッファに影が投影されるプリミティブそれぞれを描画する）（ステップS21）。

【0081】例えば、この場合は図11に示すように、ステンシルバッファを初期値化するステンシル値を0として、影が投影されるプリミティブ201を構成するピクセルであることを示すステンシル値を1、影が投影されるプリミティブ202を構成するピクセルであることを示すステンシル値を2、影が投影されるプリミティブ203を構成するピクセルであることを示すステンシル値を3としてステンシルバッファにそれぞれ定める。

【0082】ステップS21以降の処理（ステップS3～ステップS9）は前述した実施の形態1と同様であり、ステップS9において未処理の影が投影されるプリミティブが残されていると判断された場合は（ステップS9でYES）、ステップS3に戻って前述した実施の形態と同様に処理を行う。

【0083】このようにして未処理の影が投影されるプリミティブ毎に（ステンシル値毎に）影プリミティブを生成し付影処理を行う。

【0084】従って、上記実施の形態4によれば、ステンシル値の比較及びデバイス座標系でのZデータの比較に基づいて影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分にのみ影を描画する（ステンシルバッファを用いたマスク処理を行う）ことで、クリップ処理が排除されて高速な付影処理が可能になる。

【0085】さらに、各影が投影されるプリミティブに影プリミティブを生成する毎にステンシルバッファを初期化して新たな影が投影されるプリミティブを構成するピクセルの情報を書き込むという処理が排除されるので、影が投影されるプリミティブが複数ある場合であっても、これらの影が投影されるプリミティブに対して影プリミティブを生成する付影処理を高速に行うことができる。

【0086】実施の形態6. 上述した実施の形態において、影を投影するプリミティブをテクスチャ（いわゆるイメージデータ）としても付影処理を行うことができる。

【0087】尚、以下の説明では光源は平行光源の場合を例にとって説明しているが、点光源の場合であっても同様な手順で生成することができる。

【0088】図12は、実施の形態6に係る付影処理方法の説明図であって、透明なイメージと樹木の形をした影を投影するプリミティブとからなるテクスチャ（イメージ画像）に基づいて、平行光線が樹木の形をした影プリミティブを影が投影されるプリミティブの上に生成する様子を示している。

【0089】この場合、入力されたテクスチャではその入力の際にテクスチャを構成する各ドットに透過度の度合い（いわゆる透明なイメージであるか否か）を示すいわゆる α 値が設定され、この α 値は、 $\alpha=0$ の場合に最も透過度が高くなり（透明なイメージとなり）、 $\alpha=1$ の場合に実像となるプリミティブがあることを示す。

【0090】尚、入力されたテクスチャのステンシル値については、テクスチャの入力段階において $\alpha=0$ の領域のピクセルについては0に、 $\alpha=1$ の領域のピクセルについては1にそれぞれ定める。

【0091】実施の形態6に係る付影方法は概ね実施の形態1に係る付影方法と同様であり、図13に示すように、ステップS6において、イメージ入力したテクスチャの各頂点を実施の形態1と同様に式(3)に示した影プリミティブ生成マトリックスを用いて影が投影されるプリミティブの上に投影される頂点を求める。

【0092】ここでは、図12に示すように、テクスチャは平行光線に基づいて縦長（この樹木の倒立方向）に引き伸ばされる。次に、このテクスチャの全ての頂点を影が投影されるプリミティブの上に投影した後（ステップS7でNO）、投影前のイメージ入力された状態でのテクスチャの大きさ及び投影後の各頂点の座標に基づいて、その縦長に引き伸ばされた方向への拡大率を求める（ステップS11）。

【0093】次に、この拡大率に基づいて、入力されたイメージの各ドットから影が投影されるプリミティブの上に投影される頂点間のピクセルの諸データを求める（ステップS12）。

【0094】例えば、図12において樹木が倒立したイ

メージを含むテクスチャが100ドット×100ドットで構成され、影が投影されるプリミティブを含む平面上に投影されたイメージの領域が200ドット（樹木の倒立方向）×100ドット（樹木の倒立方向とは垂直な方向）で構成された場合、この投影された影プリミティブの頂点間の各ピクセルの諸データは、テクスチャの投影された頂点間の点に対応する位置のドットをこの拡大率を用いて補間して得られた位置のドットのR、G、BデータやZデータやステンシル値等の諸データを採用することで決定する。

【0095】このようにして得られた投影後のテクスチャに基づいて、以後ステップS8に示すようにステンシルテスト及びZデータのテストを行って、影が投影されるプリミティブ20上にのみ描画される影プリミティブを求める（ステップS8）。

【0096】従って、上記実施の形態5によれば、ステンシル値の比較及びデバイス座標系でのZデータの比較に基づいて影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分にのみ影を描画する（ステンシルバッファを用いたマスク処理を行う）ことで、クリップ処理が排除されて高速な付影処理が可能になる。

【0097】また、複雑な形状を有する影を投影するプリミティブを含んだテクスチャを採用している場合であっても、このプリミティブに合わせた複雑な形状を有する影を付することができ、複雑な形状を有するイメージに基づいた付影処理が可能になる。

【0098】実施の形態6. 上述した実施の形態、例えば実施の形態1では、ステップS8でのデバイス座標系でのZデータの比較の結果、既に描画された影が投影されるプリミティブ20上に影プリミティブを描画しようとする場合に、影プリミティブでのピクセルのデバイス座標系でのZ値が影が投影されるプリミティブでのそのピクセルと対応するピクセルのデバイス座標系でのZデータと等しいか又は小さければ、本来、既に描画されている影が投影されるプリミティブ上に後から描画されるべき影プリミティブは視点からは手前にあるものとして必ず描画されるはずである。

【0099】しかし、プリミティブの輪郭上の頂点が求まると、そのプリミティブ内部（即ち、頂点と頂点との間）のピクセルのZデータは、それら頂点に基づいた補間によって求められた近似値である。

【0100】従って、算出された補間値同士の比較結果によっては、既に描画されている影が投影されるプリミティブ上に後から描画されるべき影プリミティブが描画されず、影が投影されるプリミティブのままの部分が発生する場合がある。

【0101】例えば、図14に示すように、影が投影されるプリミティブの頂点を点A（0，0，0）、B

（0，9，3）とし、後から描画されるべき影プリミティブの頂点をC（0，3，1）、D（0，6，2）とす

る。

【0102】この場合、影が投影されるプリミティブでは線分AB間の各ピクセルのデバイス座標系でのZデータは点A及びBのデバイス座標系でのZデータからの補間で求めるため、 $dz = 3/9 \approx 0.33$ （2点間の距離を描画するピクセル間隔の数で割ったもの）を点Aのデバイス座標系でのZデータに徐々に加算することで求める。従って、線分AB間にある点Cのデバイス座標系でのZデータは0.99、点Dのデバイス座標系でのZデータは1.98になる。

【0103】また、影プリミティブでは線分CD間の各ピクセルのデバイス座標系でのZデータは影プリミティブの頂点をなす点C及びDのデバイス座標系でのZデータからの補間で求めるため、 $dz = 1/3 \approx 0.33$ （2点間の距離を描画するピクセル間隔の数で割ったもの）を点Cのデバイス座標系でのZデータに徐々に加算することで求める。

【0104】ここで、影プリミティブでの線分CD間のピクセルのデバイス座標系でのZデータについては、影が投影されるプリミティブでのその対応するピクセルのデバイス座標系でのZデータよりいずれも小さい。

【0105】従って、影が投影されるプリミティブ上に後から影プリミティブを描画しようとしても、影が投影されるプリミティブがそのまま残って影プリミティブが表示されない場合が生じる。

【0106】そこで、実施の形態6では影プリミティブが影が投影されるプリミティブ上に必ず描画されるように、例えば、実施の形態1を例にとると、ステップS8の前の段階として、図15に示すように新たにステップS10を設ける。

【0107】そして、ピクセル同士のデバイス座標系でのZデータの比較を行う前に生成された影プリミティブの頂点のデバイス座標系でのZ値を微量小さくし、対応するピクセルのデバイス座標系でのZデータについて、影プリミティブでの値が影が投影されるプリミティブでの値より必ず小さくなるようにする。

【0108】ここで、この微量はプリミティブを構成（影プリミティブの色）

$$= (\text{影が投影される平面の色のR、G、Bの各データ}) \times (1 - \alpha) \\ + (\text{影の色R、G、Bの各データ}) (\text{黒}) \times \alpha \quad (0 < \alpha < 1) \quad \dots (6)$$

【0115】ここで、 α は前述したように、フレームバッファに記憶され、ピクセルの透過度の度合い（いわゆる透明なイメージであるか否か）を示す値である。

【0116】従って、式（6）では影が投影されるプリミティブを構成するピクセルの輝度に応じて黒色を反映させて輝度を落とす（暗くする）ことで付影表現を実現している。従って、上述した実施の形態中のステップS8では、影プリミティブは式（6）に基づいて決定され

（影プリミティブの色）

$$= (\text{影が投影されるプリミティブの色のR、G、Bの各データ})$$

するピクセルの数等に応じた適当な値を採用すればよい。

【0109】そして、その後、前述した場合と同様にステップS8において、影が投影されるプリミティブ20を含む平面上に投影された各頂点から形成される影プリミティブを描画する各ピクセルのステンシル値及びデバイス座標系でのZデータを、前述したように影が投影されるプリミティブ20に対して与えられたステンシルバッファに記憶されたそのピクセルのステンシル値及びZバッファに記憶されたそのピクセルのデバイス座標系でのZデータにそれぞれ照合（比較）して、影が投影されるプリミティブ20上にのみ描画される影プリミティブを求める。

【0110】従って、上記実施の形態6によれば、ステンシル値の比較及びデバイス座標系でのZデータの比較に基づいて影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分にのみ影を描画する（ステンシルバッファを用いたマスク処理を行う）ことで、クリップ処理が排除されて高速な付影処理が可能になる。

【0111】また、描画されるべき影プリミティブを既に描画された影が投影されるプリミティブ上に描画する場合に、既に描画されている影が投影されるプリミティブ上に後から描画されるべき影プリミティブが描画されずに影が投影されるプリミティブのままの部分が発生する事態は排除され、その後から描画されるべき影プリミティブはその影が投影されるプリミティブ上に必ず描画される。

【0112】実施の形態7．影の色は一般に黒と考えられるが、影プリミティブの色は影が投影されるプリミティブの色の影響が残るように定めれば、現実感のあるリアルな付影表現を実現することができる。

【0113】画面上のピクセルの色はフレームバッファに記憶されたR、G、Bの各データによって決定されるので、例えば、以下の式（6）に示すような影プリミティブの色と一般的な影の色（黒）との重み付けを行って決定してもよい。

【0114】

た色で描画すればよい。

【0117】また、影を発生させる光線に色を付した場合では、その光線が影を投影するプリミティブによって遮断されることを利用すれば、画面上では影プリミティブの色はその光線の色が影を投影するプリミティブによって排除されることによって定まることから以下の式（7）に基づいて決定することも可能である。

【0118】

－（遮断される光の色のR、G、Bの各データ）・・・（7）

【0119】即ち、式（7）は、プリミティブに色を付した光線が当てられると、光線が当てられたプリミティブは元のプリミティブ自体の色と光線の色の影響を反映させた色を新たな色として描画することが考えられるが、逆に、プリミティブで光線が遮断された影プリミティブになる部分はその新たな色とせず、その新たな色から光線の色を排除した色（元のプリミティブ自体の色）であることを利用したものである。

【0120】従って、実施の形態7によれば、ステンシル値の比較及びデバイス座標系でのZデータの比較に基づいて影が投影されるプリミティブ20と影プリミティブとが重なる部分にのみ影を描画する（ステンシルバッファを用いたマスク処理を行う）ことで、クリップ処理が排除されて高速な付影処理が可能になる。

【0121】また、影の色を影が投影されるプリミティブの色の影響を及び光線の影響を反映させた色として影を描画することでリアルな影を作ることができる。

【0122】

【発明の効果】従って、この発明によれば、上述のような構成を備えたので、高速な付影処理を実現することのできる付影処理方法を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1に係る付影処理方法の説明図である。

【図2】 実施の形態1に係る付影処理方法の説明図である。

【図3】 実施の形態1に係る付影処理方法の説明図である。

【図4】 実施の形態1に係る付影処理方法の説明図である。

【図5】 実施の形態3に係る付影処理方法の説明図である。

【図6】 実施の形態3に係る付影処理方法の説明図である。

【図7】 実施の形態3に係る付影処理方法の説明図である。

【図8】 実施の形態3に係る付影処理方法の説明図である。

【図9】 実施の形態3に係る付影処理方法の説明図である。

【図10】 実施の形態4に係る付影処理方法の説明図である。

【図11】 実施の形態4に係る付影処理方法の説明図である。

【図12】 実施の形態5に係る付影処理方法の説明図である。

【図13】 実施の形態5に係る付影処理方法の説明図である。

【図14】 実施の形態6に係る付影処理方法の説明図である。

【図15】 実施の形態6に係る付影処理方法の説明図である。

【図16】 従来の画像表示装置及び方法の説明図である。

【図17】 従来の画像表示装置及び方法の説明図である。

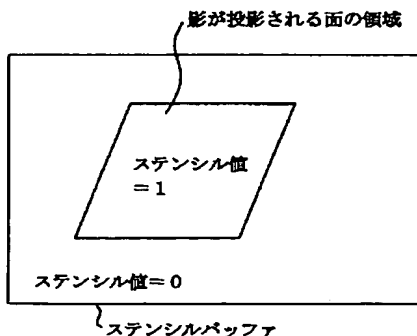
【図18】 従来の画像表示装置及び方法の説明図である。

【図19】 従来の画像表示装置及び方法の説明図である。

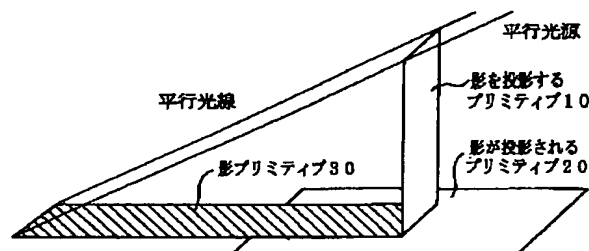
【符号の説明】

10 影を投影するプリミティブ、20～23 影が投影されるプリミティブ、30 影を投影するプリミティブ。

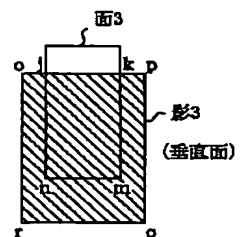
【図1】



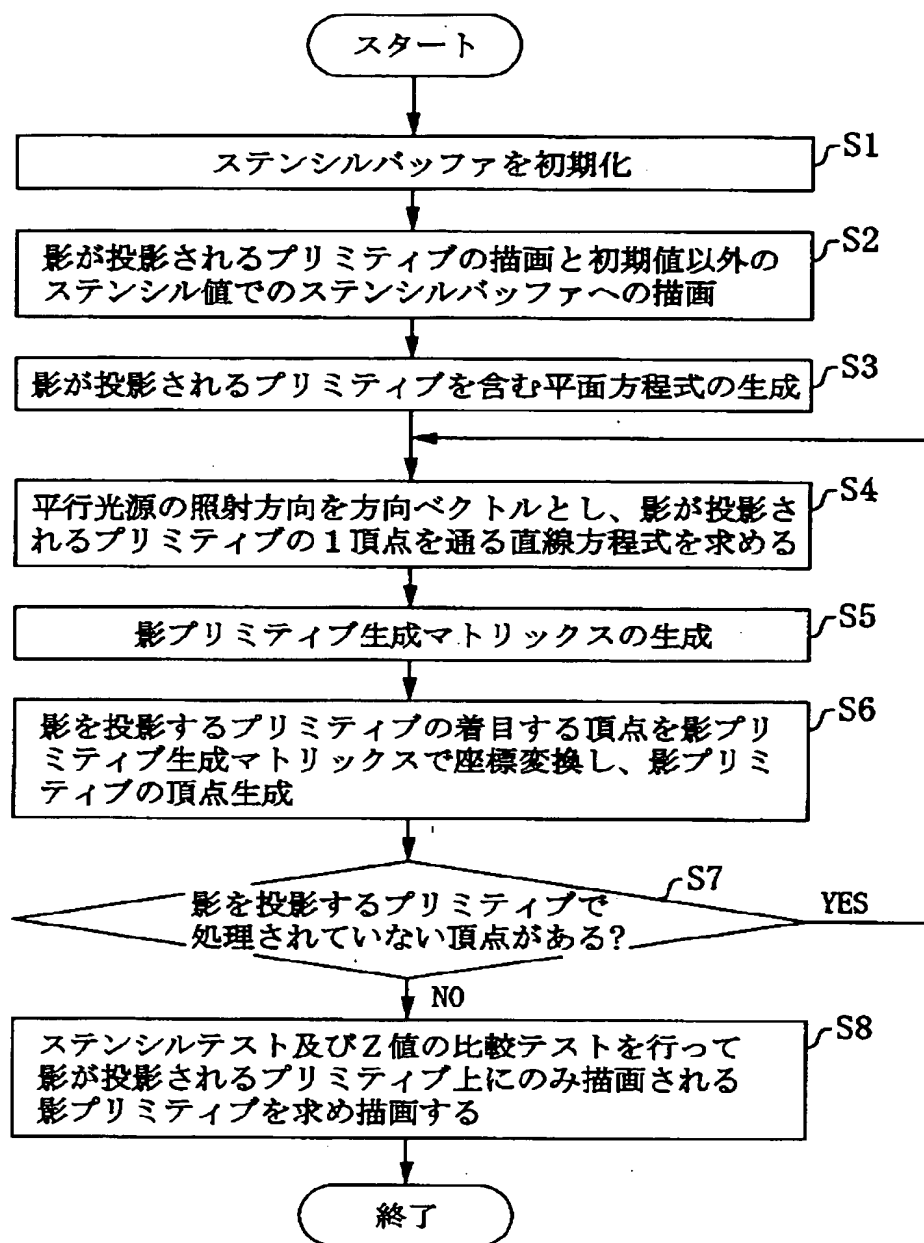
【図2】



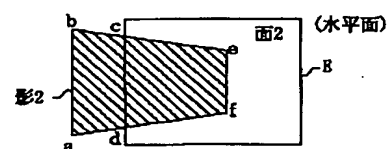
【図18】



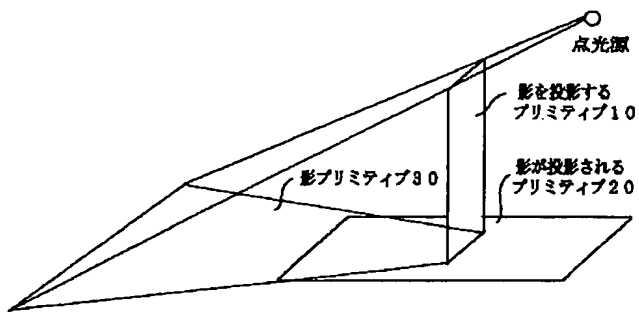
【図3】



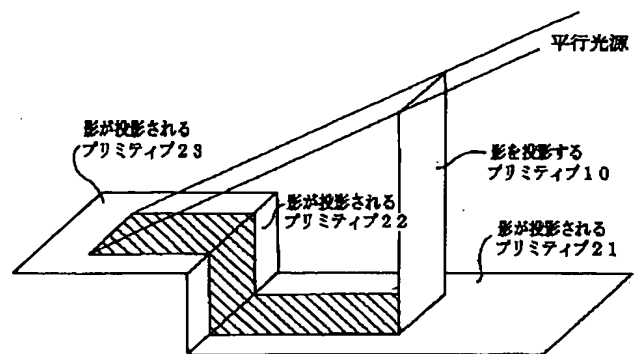
【図17】



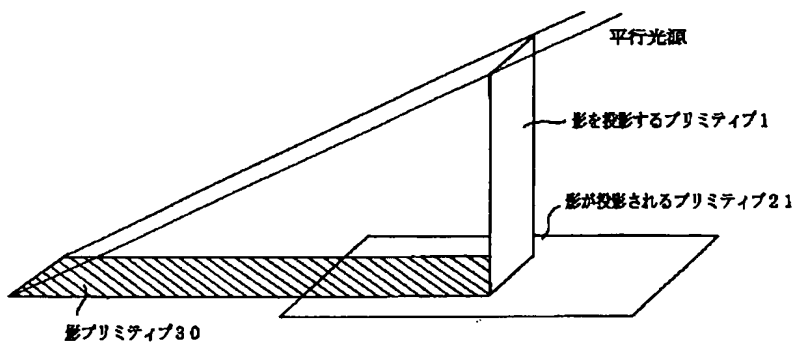
【図4】



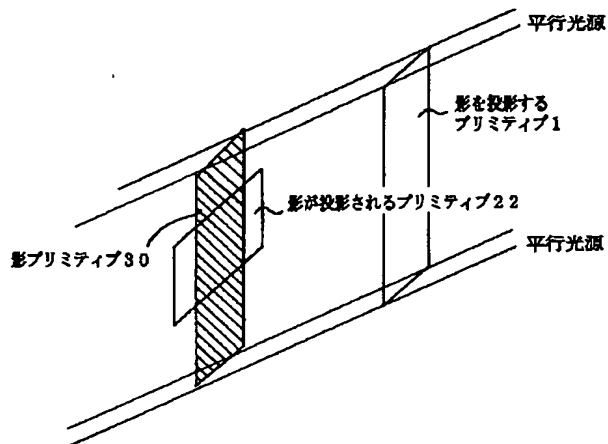
【図5】



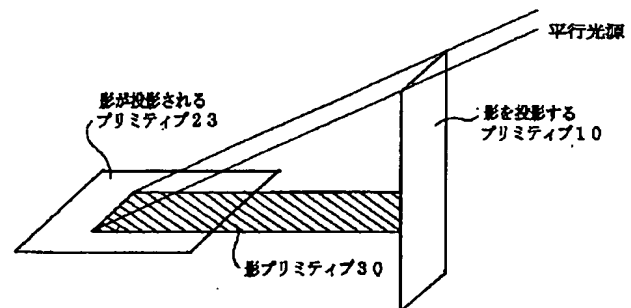
【図6】



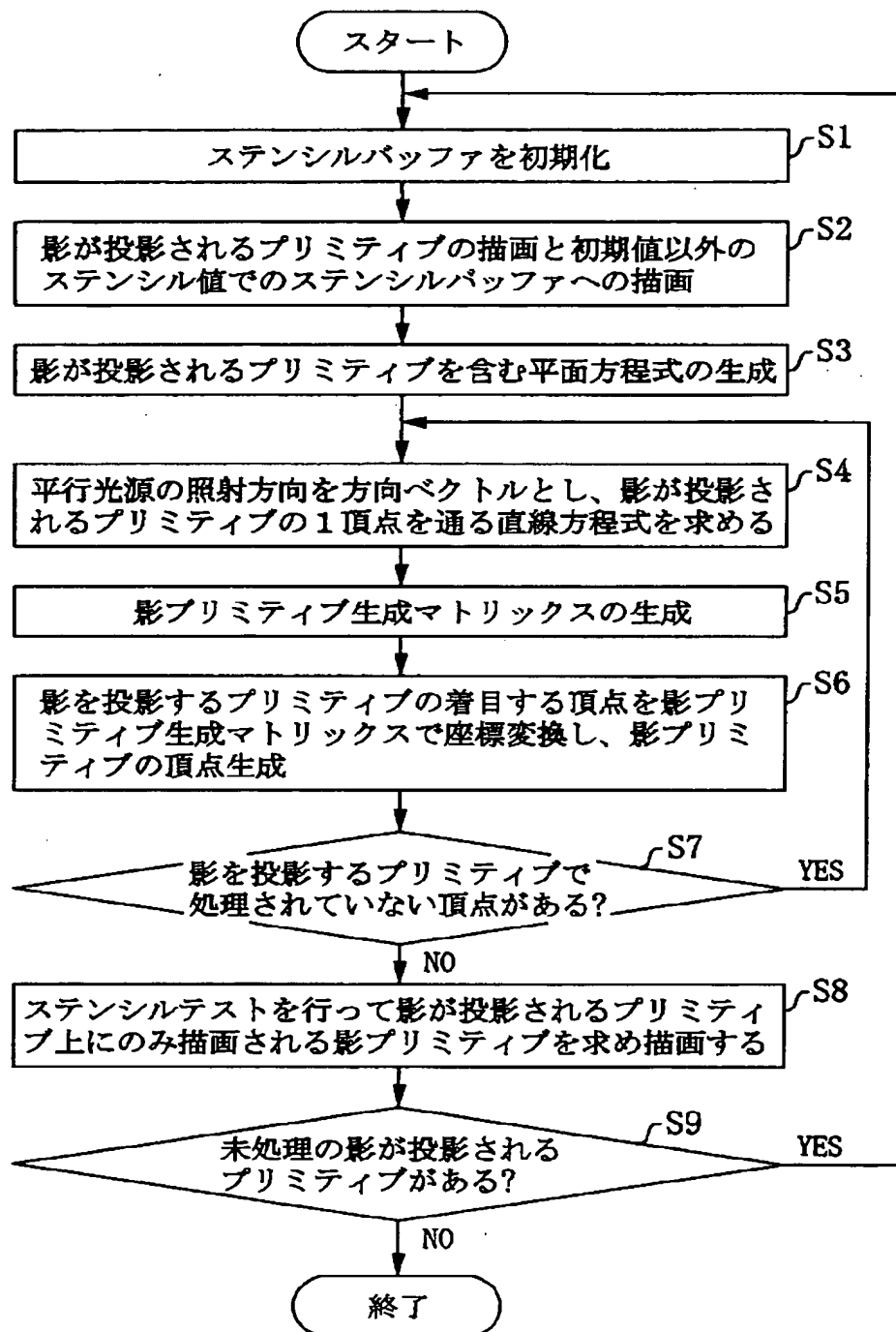
【図7】



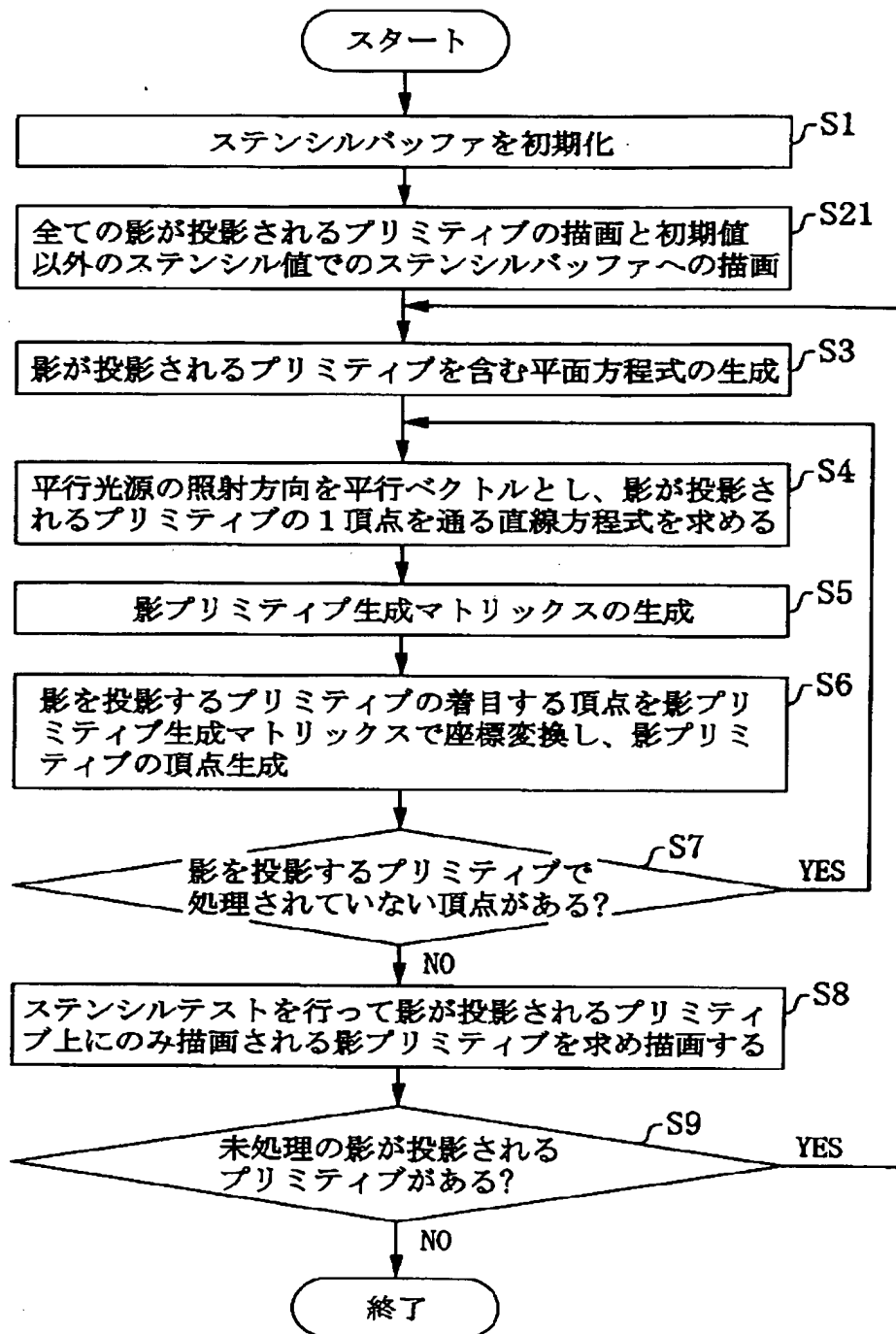
【図8】



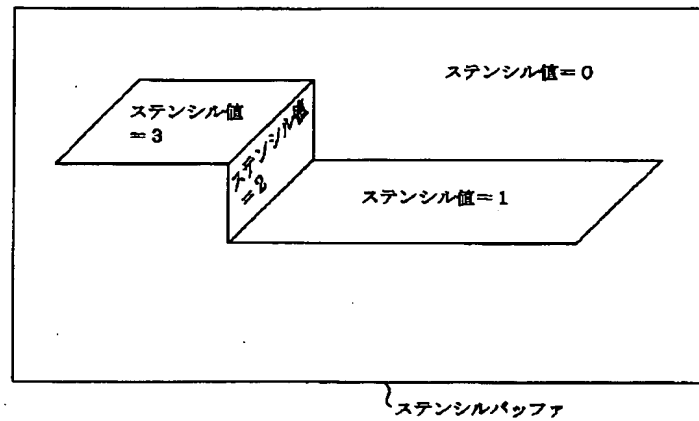
【図9】



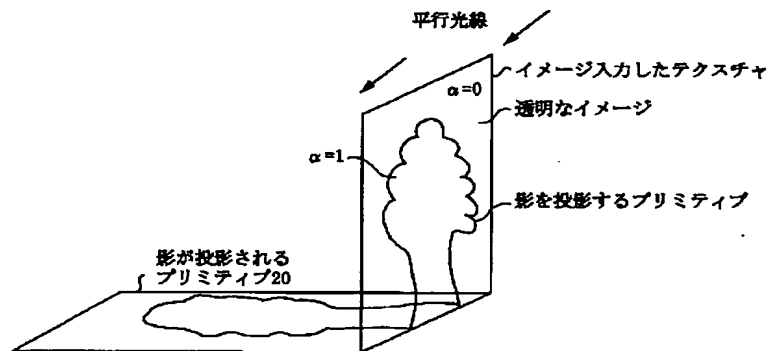
【図10】



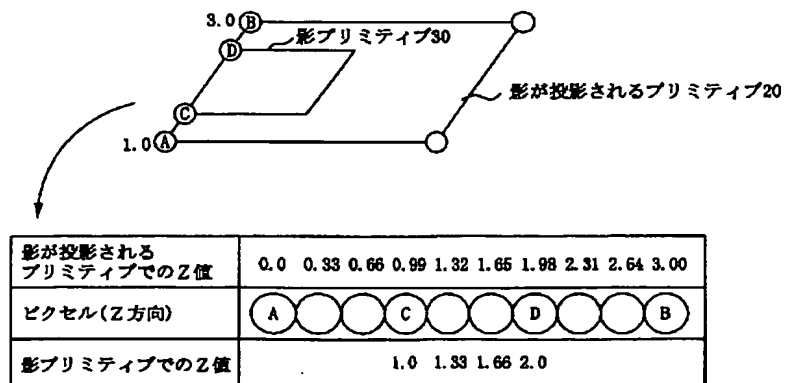
【図11】



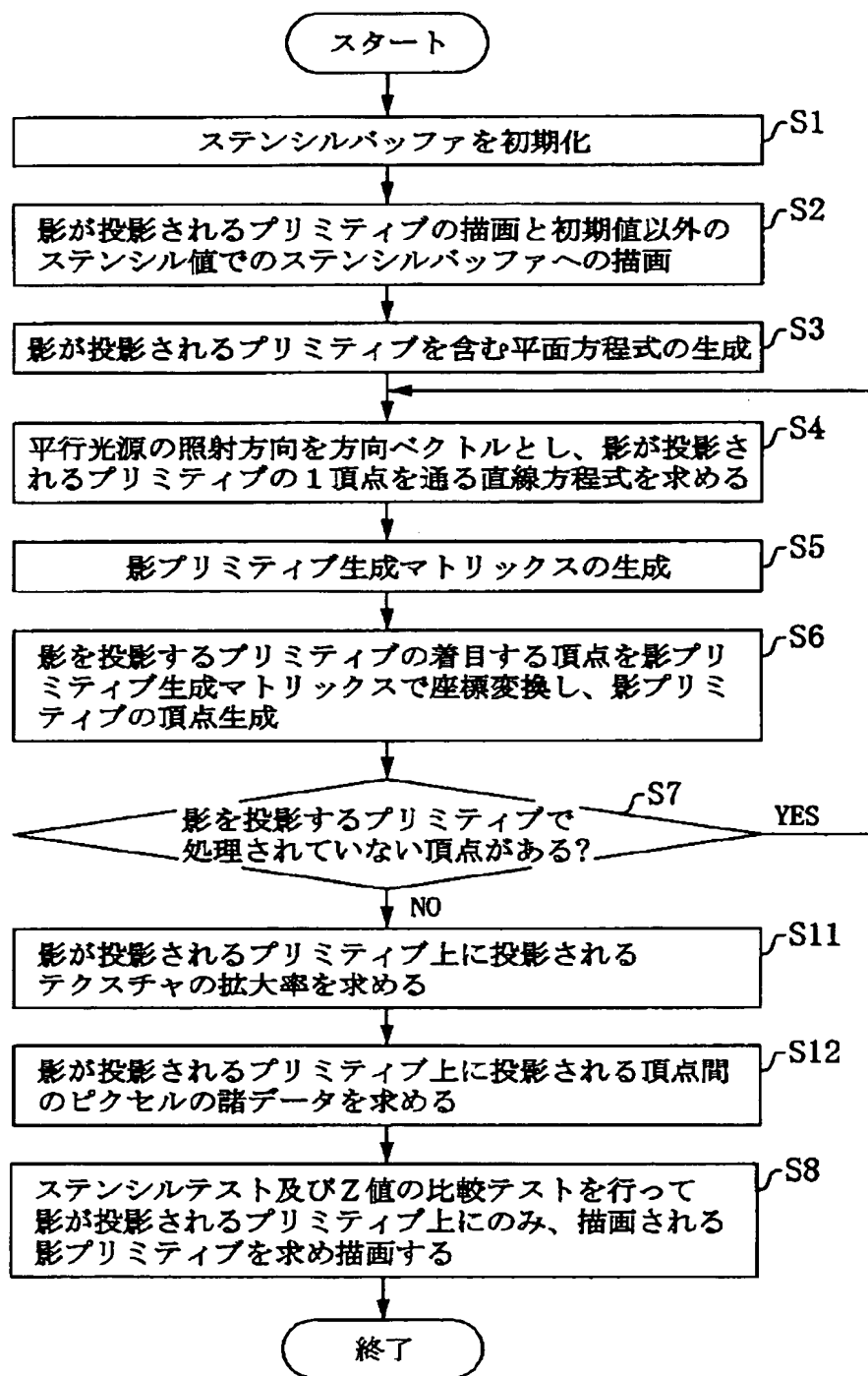
【図12】



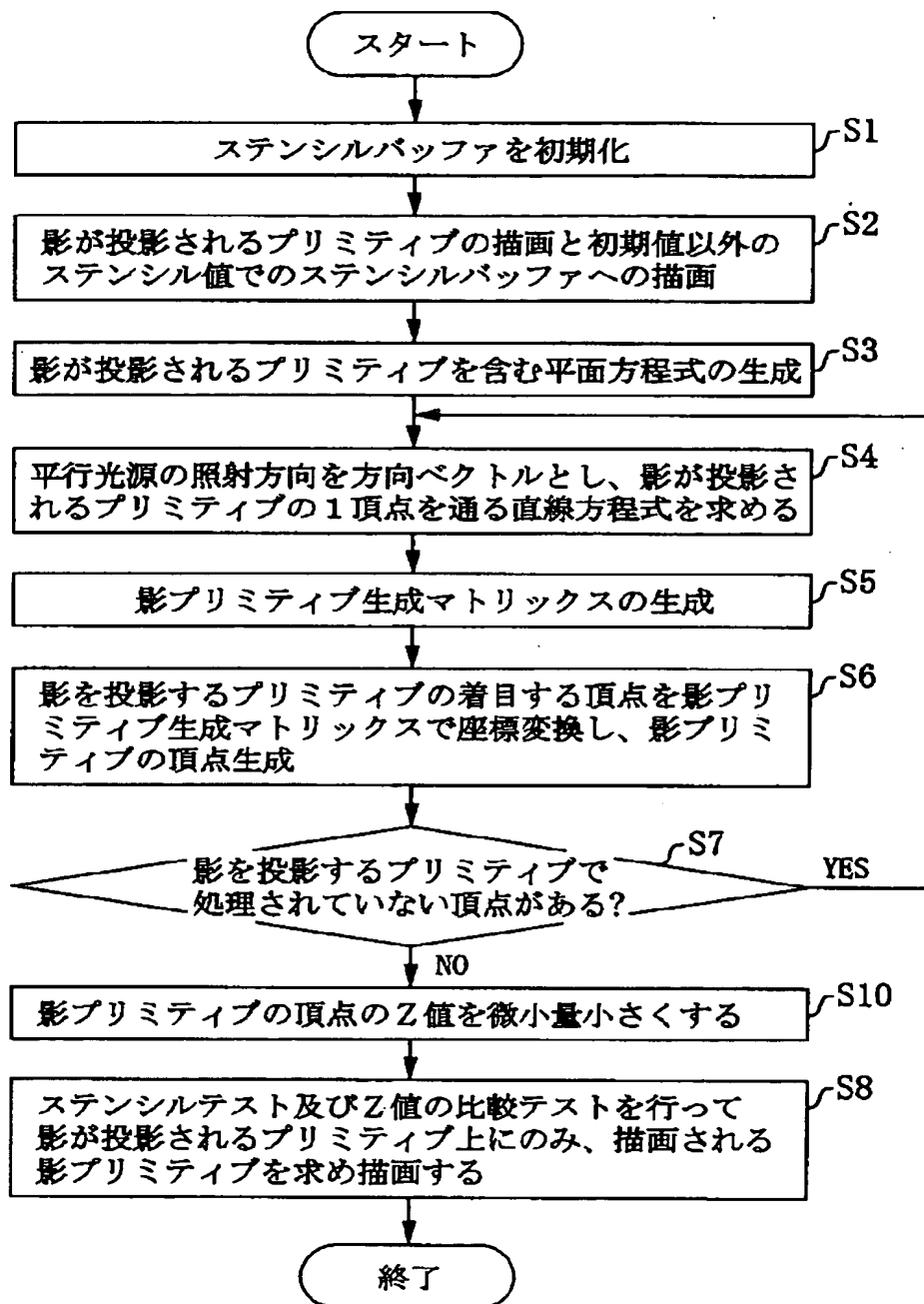
【図14】



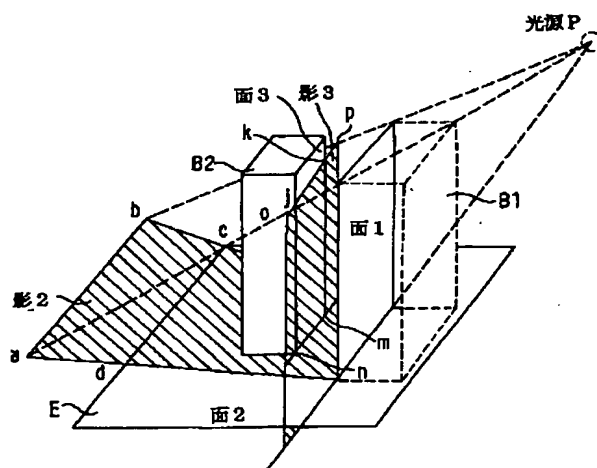
【図13】



【図15】



【図16】



【図19】

